



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: 196 36 790.5  
22 Anmeldetag: 11. 9. 96  
43 Offenlegungstag: 12. 3. 98

DE 196 36 790 A 1

71 Anmelder:  
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

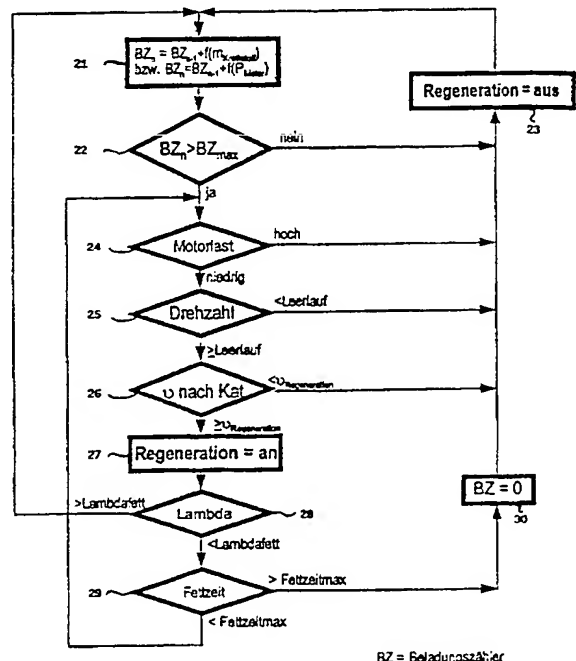
72 Erfinder:  
Pott, Ekkehard, 38518 Gifhorn, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 195 38 682 A1  
US 53 13 792 A  
EP 07 32 485 A2  
EP 05 81 279 A2

#### 54 NOx-Abgasreinigungsverfahren

57 Die Abgasreinigung von magerbetriebenen Brennkraftmaschinen, insbesondere Dieselmotoren, ist hinsichtlich der Stickoxidentfernung problematisch, da insbesondere in einem niedrigen Lastzustand der Brennkraftmaschine das Abgas einen hohen Sauerstoffgehalt hat. Das Einstellen eines fetten Abgasgemisches ist nur durch eine starke Drosselung der Luftzufuhr zu der Brennkraftmaschine möglich, wodurch aber Komforteinbußen in Kauf genommen werden.  
Diese Komforteinbußen werden vermieden, wenn die Regeneration des NOx-Speichers im Schubbetrieb, im Leerlauf oder im unteren Teillastbereich der Brennkraftmaschine vorgenommen wird. Hierzu erfolgt vor einer Regeneration neben einer Speicherbeladungsabfrage (22) auch eine Abfrage der Motorlast (24) und der Drehzahl (25).



DE 196 36 790 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Abgasreinigungsverfahren für eine Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 24.

Für Otto-Magermotoren sind NOx-Speicherkatalysatoren bekannt, die im mageren Betrieb die Stickoxide zu nächst bis zur von der Katalysatorauslegung abhängigen Belastungsgrenze einlagern. Anschließend erfolgt ein kurzer stöchiometrischer oder leicht fetter Betrieb zur Regeneration des NOx-Speicherkatalysators, mit nachfolgend wieder magerer Betriebsweise. Der Rückhaltgrad dieser NOx-Speicherkatalysatoren ist sehr hoch, die gesamte NOx-Reduktion mit Speicherentladung und NOx-Umsetzung bei  $\lambda \leq 1$  beträgt bei Mager-Ottomotoren im Neuzustand  $> 90\%$ . Prinzipiell sind solche NOx-Speicherkatalysatoren auch bei Dieselfahrzeugen einsetzbar, wobei eine gewisse größere Dimensionierung zur Kompensation der SOx-Einlagerungen vorteilhaft ist. Im Gegensatz zu Ottomotoren arbeiten Dieselmotoren jedoch stets mit Luftüberschuß, so daß während allen Betriebszuständen  $\lambda > 1$  ist. Eine Beladung des NOx-Speicherkatalysators wäre somit zwar problemlos möglich, eine Regeneration durch Anfeuchten des Abgases mittels beispielsweise Einspritzung von Kraftstoff in den Abgasstrang würde aber einerseits zu einem nicht tolerierbaren Verbrauchsanstieg und andererseits, wegen des hohen Sauerstoffgehalts der Dieselaabgase, zu einer hohen Oxidationswärme führen, da vor der Umsetzung des gespeicherten NOx der eingedüste Kraftstoff oxidiert wird. Hierdurch besteht die Gefahr einer Zerstörung des Katalysators.

Aus der DE 43 42 062 A ist eine Abgasreinigungsverfahren für Dieseldieselmotoren bekannt, bei der der NOx-Speicher zur Regeneration vom Abgasstrom abgesperrt wird. Dies geschieht regelmäßig dann, wenn der Speicher seine Kapazität erreicht hat. Um während der Regeneration weiterhin keine NOx-Emissionen zu haben, wird der Abgasstrom über einen zweiten NOx-Speicher geführt. Alternativ wird der Abgasstrom gedrosselt und ein komplizierter Regenerationsalgorithmus eingeleitet. Hierbei ist die Funktionssicherheit problematisch. Außerdem bedingt die Verdoppelung des NOx-Speichers einen erheblichen Aufwand, wobei trotz des Aufwands nur bedingt eine gute Abgasreinigung erreicht wird.

Aus der US 4,755,499 ist die reversible Speicherung von Stickoxiden und Schwefeloxiden z. B. aus Abgasen von Kraftfahrzeugen bekannt, wobei der Absorber durch Erhitzen in einer reduzierenden Atmosphäre regeneriert wird. Hierbei tritt gleichzeitig eine Reduktion der Stickoxide ein.

Ein solcher Speicherkatalysator ist in der EP 0 580 389 A für den Einsatz bei Kraftfahrzeugen näher beschrieben, wobei auch hier hohe Temperaturen (über  $500^{\circ}\text{C}$ ) für die Regeneration des Absorbers notwendig sind. Hierdurch ist der Einsatz des Speicherkatalysators nur bei Kraftfahrzeugen möglich, die eine hohe Abgastemperatur haben, d. h. insbesondere bei Kraftfahrzeugen mit einem Otto-Motor. Jedoch ist auch hier der Einsatz nur bedingt möglich, da unter bestimmten Betriebsbedingungen der Verbrennungskraftmaschine, wie sie beispielsweise im Stadtverkehr gegeben sind, durch die Beschleunigungsphasen ein hoher Stickoxidausstoß erfolgt, nicht jedoch eine hohe Temperatur erreicht wird, die für die Regeneration des Absorbers, insbesondere von Schwefeloxiden, erforderlich ist.

Aus der EP 0 450 991 A ist ein Otto-Motor mit einem Speicherkatalysator sowie je einem vor- und nachgeschalteten Dreiwegekatalysator bekannt. Durch die motornahe Anordnung des dem Absorber vorgeschalteten Dreiwegekatalysators heizt sich dieser nach einem Kaltstart des Otto-Motors sehr schnell auf, so daß er frühzeitig seine katalytische Aktivität erreicht. Nach Erreichen seiner katalytischen Aktivität setzt der vorgeschaltete Dreiwegekatalysator die während der Warmlaufphase der Ottobrennkraftmaschine vermehrt vorliegenden HC und CO um, wobei gleichzeitig NOx reduziert wird. Hierdurch wird erreicht, daß während einer Warmlaufphase der Ottobrennkraftmaschine eine NOx-Reduktion im Abgas stattfindet, obwohl der NOx-Speicher noch nicht die für die Speicherung von NOx notwendige Temperatur erreicht hat. Diese Anordnung und Verfahrensweise ist nur bei Otto-Motoren sinnvoll, da Dieselmotoren auch während der Warmlaufphase nicht genügend CO und HC emittieren, um den NOx-Anteil der Abgase genügend zu reduzieren. Abgesehen von der besseren Abgasreinigung während der Warmlaufphase zeigt der Otto-Motor mit Vorkatalysator keine verbesserte NOx-Reduktion. Desweiteren sind aus dieser Veröffentlichung zwei Verfahren zur NOx-Reduktion bei Dieseldieselmotoren bekannt, die zum einen auf einer Drosselung der Luftzufuhr zu der Dieseldieselmotorkraftmaschine und zum anderen auf einer Kraftstoffeindüsung beruhen. Dieseldieselmotoren, die mit solchen NOx-Speichern ausgerüstet sind, zeigen jedoch bei höheren Abgastemperaturen eine deutliche Abnahme der NOx-Speicherung im NOx-Speicher.

All diesen Ausführungen ist gemeinsam, daß insbesondere bei direkteinspritzenden Brennkraftmaschinen und/oder Dieseldieselmotoren das Fettaffen der Brennkraftmaschine für eine Regeneration des NOx-Speichers oftmals problematisch ist. So kann hierbei die Temperatur der Abgase einerseits zu hoch sein, andererseits kann ein zu hoher Leistungsabfall die Folge sein.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine mit einem Absorber für Stickoxide zur Verfügung zu stellen, bei dem eine Sauerstoffabsenkung im Abgas zur Regeneration des NOx-Speichers ohne eine Gefahr der Überhitzung der Abgase und/oder mit einer verringerten Leistungseinbuße möglich sein soll. Mit zur Aufgabe gehört außerdem eine entsprechende Brennkraftmaschine.

Bei dem eingangs beschriebenen Verfahren wird diese Aufgabe gelöst mit den kennzeichnenden Maßnahmen des Anspruchs 1, hinsichtlich der Brennkraftmaschine wird die Aufgabe gelöst mit den Merkmalen gemäß Anspruch 24.

Die Unteransprüche zeigen bevorzugte Ausführungsformen, mit denen insbesondere auch bei sehr niedrigen Abgastemperaturen, wie sie beispielsweise bei direkteinspritzenden Verbrennungskraftmaschinen vorliegen, ein früher Einsatz der Absorberfunktion nach einem Kaltstart möglich ist. Außerdem wird mit den Unteransprüchen auch bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine eine komfortable Regeneration des NOx-Speichers erreicht.

Bei dem erfindungsgemäßen Abgasreinigungsverfahren erfolgt im Gegensatz zum Stand der Technik nicht bloß eine einfache Abfrage der Speicherbeladung oder eines Zeitablaufs, wobei bei Erreichen einer bestimmten Speicherbeladung bzw. nach einem vorgegebenen Zeitablauf eine Regeneration des NOx-Speichers erfolgt.

Vielmehr wird erfindungsgemäß eine Abfrage des Zustandes der Brennkraftmaschine durchgeführt, wobei die Regeneration (d. h. Einstellen der zweiten Betriebsbedingungen) gezielt dann erfolgt, wenn eine niedrige Belastung und/oder eine Schubphase und/oder eine Leerlaufphase der Brennkraftmaschine vorliegt. Besonders vorteilhaft ist die Regeneration im Schubbetrieb, gefolgt vom Leerlaufbetrieb und geringer vorteilhaft bei der niedrigen Belastung der Brennkraftmaschine. Im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine kann die Regeneration ohne jegliche Komforteinbußen erfolgen, da hier der Brennkraftmaschine keine Leistung abverlangt wird. Auch im Leerlaufbetrieb ist das Einstellen der zweiten Betriebsbedingungen relativ unproblematisch, da hier der Brennkraftmaschine ebenfalls keine Vortriebsleistung abverlangt wird; durch das Einstellen der zweiten Betriebsbedingungen kann es jedoch zu einer leichten Veränderung der Leerlaufdrehzahl der Brennkraftmaschine kommen. Auch bei niedrigen Leistungen der Brennkraftmaschine ist noch eine komfortable Regeneration des NOx-Speichers möglich, da mit dem Vorliegen der zweiten Betriebsbedingungen noch niedrige Leistungswerte der Brennkraftmaschine eingestellt werden können, so daß auch hier praktisch kein für den Fahrer eines Kraftfahrzeuges merklicher Leistungseinbruch der Brennkraftmaschine vorliegt.

Entsprechend der oben genannten vorteilhaften Rangfolge der einzelnen Phasen der Brennkraftmaschine beim Erstellen der zweiten Betriebsbedingungen, kann das Einstellen der zweiten Betriebsbedingungen hinsichtlich der einzelnen Phasen auch gewichtet werden. So kann beispielsweise der Regeneration eine Zeitsteuerung und/oder eine Abhängigkeit vom NOx-Ausstoß der Brennkraftmaschine (d. h. dem NOx-Speichergrad des NOx-Speichers) überlagert werden. Dies bedeutet, daß die zweiten Betriebsbedingungen nur dann eingestellt werden, wenn die ersten Betriebsbedingungen eine bestimmte, vorgegebene Zeit vorlagen bzw. wenn eine bestimmte prozentuale Speicherbelegung vorliegt. Hierbei kann wiederum die Zeitspanne oder die prozentuale NOx-Belegung des NOx-Speichers für den Schubbetrieb geringer sein, als bei den anderen Betriebsphasen der Brennkraftmaschine.

Je nach Einsatz eines Kraftfahrzeugs mit dem erfindungsgemäßen Abgasreinigungsverfahren ist es möglich, daß die Regeneration des NOx-Speichers ausschließlich in Schub-, Leerlauf- und Teillastphasen erfolgen kann. Sofern jedoch lang anhaltende Hochlastphasen der Brennkraftmaschine vorliegen, z. B. bei einer Autobahnfahrt, kann ggf. auch eine Regeneration außerhalb der günstigen Betriebszustände erfolgen, wenn der NOx-Speicher eine bestimmte NOx-Belegung, von beispielsweise  $\geq 80\%$  und insbesondere  $\geq 90\%$  erreicht hat. Hierbei kann es jedoch je nach Art der Brennkraftmaschine und der zweiten Betriebsbedingungen zu einem spürbaren Abfall der Leistung der Brennkraftmaschine kommen.

Als niedrige Belastung der Brennkraftmaschine gilt vorteilhaft eine Belastung bis 20% der Nennleistung der Brennkraftmaschine und insbesondere bis 10% der Nennleistung. Außerdem wird während den zweiten Betriebsbedingungen vorteilhaft die Luftzufuhr zu der Brennkraftmaschine vermindert, insbesondere durch eine Drosselung im Luftansaugkanal. Dies ist bei fremdzündenden wie auch selbstzündenden Brennkraftmaschinen möglich, wobei das erfindungsgemäße Verfahren wiederum insbesondere bei selbstzündenden Brennkraftmaschinen besonders vorteilhaft anwendbar ist,

ohne daß ein zweiter NOx-Speicher für einen Wechselbetrieb vorgesehen werden muß, wie es aus der DE 43 42 062 bekannt ist.

Bei dem erfindungsgemäßen Abgasverfahren an einer Brennkraftmaschine werden die Abgase der Brennkraftmaschine einem NOx-Speicher zugeführt, der unter ersten Betriebsbedingungen NOx aus dem zugeführten Abgas speichert. Die ersten Betriebsbedingungen sind insbesondere solche, bei denen im Abgas nettooxidierende Bedingungen ( $\lambda > 1$  und insbesondere  $\lambda > 1,1$ ) vorliegen, wobei die Temperatur des Abgasstroms oberhalb  $150^\circ\text{C}$  und insbesondere oberhalb  $200^\circ\text{C}$  liegen soll. Unter zweiten Betriebsbedingungen, die von den ersten Betriebsbedingungen unterschiedlich sind, gibt der NOx-Speicher das gespeicherte NOx wieder ab, wobei dieses insbesondere unmittelbar bzw. sofort reduziert wird. Die zweiten Betriebsbedingungen sind insbesondere solche, bei denen das Abgas eine für die Reduktion der gespeicherten Stickoxide ausreichende Menge an Reduktionsmittel mit sich führt. Dies ist insbesondere bei einem  $\lambda$  (stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis)  $\leq 1,05$  und insbesondere  $\lambda \leq 1,0$  der Fall.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist vorteilhaft mit einer Abgasrückführung ausgestattet, die entsprechend den ersten bzw. den zweiten Betriebsbedingungen unterschiedliche Abgasrückführungsraten hat. Die Abgasrate kann hier außerdem noch, auch unter den zweiten Betriebsbedingungen, lastabhängig verändert werden.

In einer ersten Ausführungsform, die ganz besonders vorteilhaft ist, wird bei einem Wechsel von einer ersten Betriebsbedingung (Magerbetrieb der Brennkraftmaschine) in eine zweite Betriebsbedingung (Regenerieren des NOx-Speichers) das Volumenverhältnis rückgeführter Abgasstrom : Ansaugluft vergrößert, so daß der Sauerstoffanteil im Brennraum der Brennkraftmaschine stark zurückgeht. Dem Anstieg des prozentualen Volumenanteils des rückgeführten Abgasstroms an der gesamten Ansaugmenge sind Grenzen gesetzt, einerseits, daß überhaupt noch eine Verbrennung des Kraftstoffes in dem Brennraum der Brennkraftmaschine stattfinden kann, und andererseits durch eine Rußentstehung. Je nach Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine kann jedoch der Volumenanteil des rückgeführten Abgasstromes bis zu 90% betragen, im Regelfall bis 80%. Andererseits ist der prozentuale Volumenanteil des rückgeführten Abgasteilstromes vorteilhaft nicht zu gering, damit eine deutliche Reduzierung des Sauerstoffanteils im Brennraum erreicht wird. So sollte der Abgasanteil 15% und insbesondere 30% nicht unterschreiten. Am günstigsten liegt der Abgasanteil im Brennraum bei 40 bis 70%.

Durch die Anhebung des Abgasanteils bei der Verbrennung wird erreicht, daß für die Regeneration des Speichers keine oder nur eine geringere Androsselung notwendig wird, um zu der reduzierten Sauerstoffmenge im Verbrennungsraum zu kommen. Dies ist insbesondere bei Dieselmotoren besonders vorteilhaft, da hier ein fettes Gemisch sich bislang — auch bei einer Androsselung der Luftzufuhr — kaum einstellen ließ.

Die Anhebung der Abgasrückführungsrate (EGR) erfolgt ganz besonders vorteilhaft in einem unteren Teillastbereich der Brennkraftmaschine, insbesondere unterhalb 20% der Nennleistung der Brennkraftmaschine. Ganz besonders wirksam ist diese Art der Abgasrückführungsregelung bei einer Belastung der Brennkraftmaschine bis 10% der Nennleistung. Bei höheren Lasten

der Brennkraftmaschine hingegen eine Verringerung der rückgeführten Abgasmenge sinnvoll sein, insbesondere um einem Leistungsabfall der Brennkraftmaschine entgegenzuwirken.

Der zuletzt beschriebene Aspekt führt zu einer zweiten Ausführungsform, bei der bei einem Wechsel von einer ersten Betriebsbedingung zu einer zweiten Betriebsbedingung die rückgeführte Abgasmenge vermindert wird. Dies erfolgt gleichzeitig beim Einsatz einer Luftzufuhrverminderung zu der Brennkraftmaschine, so daß insgesamt der Füllungsgrad der Brennräume der Brennkraftmaschine zurückgenommen wird. Das zweite erfindungsgemäße Verfahren zeichnet sich dadurch aus, daß der Leistungseinbruch, der durch die Reduzierung der Frischluftzufuhr zu der Brennkraftmaschine erfolgt, nicht so ausgeprägt vorliegt. Dies ist wiederum insbesondere bei Dieselmotoren besonders vorteilhaft.

Zusätzlich zur EGR kann die NOx-Reduzierung erheblich gesteigert werden, wenn dem NOx-Speicher stromaufwärts im Abgasstrom ein Konverter vorgeschaltet wird, der bei einer Temperatur  $\geq 230^\circ\text{C}$  mindestens 50% des im Abgasstrom enthaltenen NO zur NO<sub>2</sub> umsetzt. Vorzugsweise erreicht der Konverter diesen Umsetzungsgrad bereits bei einer Temperatur  $\geq 200^\circ\text{C}$  und insbesondere bei der Temperatur  $\geq 180^\circ\text{C}$ . Üblicherweise erreichen solche Konverter eine mindestens 90-%ige Umsetzung des NO bei einer Temperatur  $\geq 250^\circ\text{C}$ .

Alternativ, aber insbesondere zusätzlich wird mit dem Konverter ein in den Abgasen der Brennkraftmaschine vorliegendes NO<sub>2</sub>/NO-Verhältnis vergrößert, wodurch dem nachfolgenden Speicher insbesondere in der Warmlaufphase der Brennkraftmaschine weniger NO zugeführt wird.

Für solche NOx-Behandlungen eignen sich alle Verfahren, die eine Vergrößerung des NO<sub>2</sub>-Anteils an den Stickoxiden bewirken, beispielsweise elektrische Entladungen im Abgassystem, bevorzugt Barriereentladungen, sowie katalytische Verfahren, insbesondere Oxidationskatalysatoren. Unter diesen sind insbesondere Oxidationskatalysatoren mit einem Element der Platingruppe und hier wiederum Platin selbst besonders bevorzugt. Solche Katalysatoren sind prinzipiell als Abgasnachbehandlungskatalysatoren für Brennkraftmaschinen bekannt.

Vorteilhaft ist der Konverter nahe am Abgasauslaß der Brennkraftmaschine angeordnet, d. h. vorteilhaft in einem Abstand  $\leq 1\text{ m}$  und insbesondere in einem Abstand  $\leq 70\text{ cm}$ .

Besonders vorteilhaft ist der Konverter als Metallkonverter ausgeführt, d. h. der Träger für die katalytisch wirksame Schicht wird aus einer Metallfolie hergestellt. Bevorzugt wird hierbei eine Metallfolie mit einer Dicke von  $\leq 50\text{ }\mu\text{m}$  und insbesondere mit einer Dicke von  $\leq 40\text{ }\mu\text{m}$  eingesetzt, wodurch ein besonders schnelles Aufheizen des Konverters auf seine Betriebstemperatur gewährleistet ist. Außerdem hat es sich erfindungsgemäß herausgestellt, daß der Konverter vorzugsweise ein Gesamtvolumen von 10 bis 25% und insbesondere von 15 bis 20% des Motorhubraums der Brennkraftmaschine aufweist, da sich bei diesem Verhältnis optimale NOx-Reinigungswerte erzielen lassen. Weiterhin hat der Konverter vorzugsweise eine Platinbeladung von  $\geq 60\text{ g/ft}^3$ . Der Absorptionsspeicher hat hingegen vorteilhaft eine niedrigere Platinbeladung, d. h. insbesondere mit  $\leq 50\text{ g/ft}^3$  Platin.

Erfindungsgemäß können die üblichen absorbieren-

den Materialien eingesetzt werden, wie sie beispielsweise in der US 4,755,499, aber auch in der EP 0 580 389 A oder WO 94/04258 beschrieben sind. All diesen Speichermaterialien ist gemeinsam, daß sie eine erhöhte Arbeitstemperatur haben, wobei insbesondere beim Regenerieren (insbesondere beim Entfernen der Schwefeloxide) eine noch höhere Temperatur erforderlich ist. Bei den meisten Speichermedien dieser Art werden Temperaturen im Bereich von  $150^\circ\text{C}$  bis  $700^\circ\text{C}$ , insbesondere Temperaturen oberhalb  $300^\circ\text{C}$  benötigt.

Die bevorzugten NOx-Speichermaterialien zeichnen sich also dadurch aus, daß sie unter nettooxidierenden Bedingungen (stöchiometrischer Überschuß an Oxidationsmitteln), wie sie im Abgas vorliegen, Stickoxide zwischenspeichern und bei einer Verringerung des Sauerstoffüberschusses reduzieren können. Hierzu sind die NOx-Speicherkatalysatoren üblicherweise auch edelmetallbeschichtet, insbesondere mit den üblichen Edelmetallbeschichtungen für Dreiwegkatalysatoren. Die Regeneration des mit NOx beladenen Speichermaterials erfolgt dann vorteilhaft bei  $\lambda \leq 1$  in einer Regenerierungsphase.

Üblicherweise laufen an den NOx-Speicherkatalysatoren verschiedene Reaktionen nacheinander bis gleichzeitig ab, wobei die wichtigsten Reaktionen

- Oxidation des NO im Abgas zur NO<sub>2</sub>
- Speicherung des NO<sub>2</sub> als Nitrat
- Zersetzung des Nitrats
- Reduktion des zurückgebildeten NO<sub>2</sub> zu Stickstoff und Sauerstoff

sind.

Wie oben beschrieben, ist der Verlauf der Reaktionen unter anderem abhängig von der Temperatur des Katalysators, aber auch von der Konzentration der Reaktionspartner am aktiven Zentrum des Katalysators und der Strömungsgeschwindigkeit des Gases.

Mit verschiedenen Faktoren, die miteinander kombinierbar sind, ist es auch mit nur geringem Aufwand möglich, den Abgasabsorber zu optimieren, insbesondere für direkteinspritzende Dieselmotoren. Die wesentlichen Merkmale sind hierbei:

- Verringerung der Wandstärke des Trägerkörpers, auf dem die Absorptionsschicht aufgebracht ist auf  $\leq 160\text{ }\mu\text{m}$ , insbesondere  $\leq 140\text{ }\mu\text{m}$ ;
- Verwendung von Metallträgern, vorteilhaft mit einer Wandstärke  $\leq 50\text{ }\mu\text{m}$ , vorzugsweise  $\leq 40\text{ }\mu\text{m}$  und insbesondere  $\leq 30\text{ }\mu\text{m}$ ; und/oder
- Heizen des Absorbers auf eine Temperatur oberhalb der Temperatur des Abgasstromes.

Es hat sich gezeigt, daß bei der Verwendung dünnwandiger keramischer Träger für die Absorptionsschicht, d. h. insbesondere von Trägerkörpern mit einer Wandstärke  $\leq 0,14\text{ mm}$ , nicht nur ein schnellerer Temperaturanstieg der Absorptionsschicht möglich ist, sondern auch eine dickere Absorptionsschicht eingesetzt werden kann. Hierdurch wird zweierlei erreicht: zum einen können auch kurze Hochtemperaturphasen zum Regenerieren ausgenutzt werden, da die Speicherschicht schneller die höhere Temperatur annimmt, und zum anderen kann durch Auftragen einer dickeren Absorptionsschicht eine höhere Speicherkapazität erreicht werden, so daß über die längere Speicherkapazität des Absorbers beim Betrieb der Verbrennungskraftmaschine eine längere Zeitspanne verstreichen kann, bis der

Speicher zu regenerieren ist, so daß trotz der seltener auftretenden Temperaturspitzen im Abgasstrom von verbrauchsoptimierten Verbrennungskraftmaschinen kein Durchschlagen des Speichers (Erreichen der Sättigungsgrenze) erfolgt.

Insbesondere Absorber mit einem Trägerkörper aus Metallfolie sind geeignet, wobei die Metallfolie vorteilhaft noch als Widerstandsheizung geschaltet werden kann, so daß auch bei niedrigen Abgastemperaturen der Absorber auf die notwendige Regenerationstemperatur durch Leiten eines elektrischen Stromes durch den Metallträgerkörper gebracht werden kann. Außerdem lassen sich bei der Verwendung eines Metallträgerkörpers die Kanäle, die mit der Absorptionsschicht beschichtet sind, unterschiedlich gestalten, so daß beispielsweise eine Verwirbelung (turbulente Strömung) des Abgasstromes in den Kanälen gezielt einstellbar ist.

Für die Erzielung besonders guter Umsätze hat die Absorptionsschicht eine vergrößerte Oberfläche von mindestens 20 m<sup>2</sup>/g, insbesondere mindestens 40 m<sup>2</sup>/g. Vorteilhaft hat die Absorptionsschicht vorzugsweise ein Porenvolumen von mindestens 0,2 cm<sup>3</sup>/g und insbesondere mindestens 0,4 cm<sup>3</sup>/g, wobei auch eine bimodale Porengrößenverteilung geeignet ist mit Mikroporen und Makroporen. Dies wird beispielsweise durch die Wahl einer bestimmten Partikelgröße für die Bildung der Absorberoberfläche erreicht, wobei auch Mischungen oder bestimmte Verteilungen unterschiedlicher Partikelgrößen geeignet sind.

Als Absorptionsoberfläche eignet sich insbesondere  $\gamma$ -Aluminiumoxid, das mit einem oder mehreren Elementen aus der Gruppe der Alkalimetalle, Erdalkalimetalle, seltenen Erden und/oder Lanthan beladen ist. Auch Kupfer und Mangan sind geeignete Elemente. Die Elemente liegen üblicherweise als Oxid, aber auch als Carbonat oder Nitrat vor, wobei die Speicherwirkung durch Bildung entsprechender Nitrate und Sulfate erzielt wird, die dann unter den entsprechenden Reaktionsbedingungen wieder zu Oxiden oder Carbonaten überführt werden. Hierdurch ist es möglich, NOx und/oder SOx insbesondere aus einem Abgas, das mindestens 1% Sauerstoff enthält, zu absorbieren.

Wie beschrieben, werden die absorbierten Stoffe insbesondere durch erhöhte Temperaturen und in reduzierender Atmosphäre wieder freigesetzt. Hierzu ist es vorteilhaft, wenn im Abgas die Sauerstoffkonzentration ermittelt wird, wobei dann die Sauerstoffkonzentration oder eine mit der Sauerstoffkonzentration in bekannter Beziehung stehende Größe zur Steuerung des Absorptions- bzw. Desorptionsvorganges herangezogen werden kann. Entsprechendes gilt auch für die Temperatur des Abgasstroms, wobei entscheidend die Temperatur der Absorptionsschicht ist, die unmittelbar oder mittelbar bestimmt wird. So kann die Temperatur beispielsweise durch Messung der Temperatur des Abgasstroms bzw. des Trägerkörpers gemessen werden; auch eine Temperaturbestimmung über ein Kennfeld der Verbrennungskraftmaschine ist möglich.

Vorzugsweise werden die Absorptionsschichten in einer Dicke von mindestens 50  $\mu$ m, insbesondere mindestens 70  $\mu$ m und besonders vorteilhaft mindestens 90  $\mu$ m hergestellt (durchschnittliche Schichtdicke eines Querschnitts; Werte gelten für Keramik, bei Metall gelten die halben Werte) wobei sich diese Schichtdicke der Absorptionsschicht über vorzugsweise mindestens 50% und insbesondere mindestens 80% des Absorbers erstreckt. Solche Schichtdicken ermöglichen gegenüber den herkömmlichen Absorbern eine höhere Speicher-

kapazität und damit die oben beschriebenen längeren Intervalle bis zur Regeneration.

Da für die Freisetzung und Umsetzung des NOx aus dem Speicher und die Freisetzung der Schwefeloxide aus dem Speicher unterschiedliche Temperaturen notwendig sind (beim letzteren höhere), kann außerdem so verfahren werden, daß eine Desorption der Schwefeloxide (die insbesondere als Sulfat vorliegen) in größeren Zeitspannen bzw. bei Bedarf vorgenommen wird, so daß der Speicher nur gelegentlich auf die hohen Temperaturen erhitzt wird, die für eine Desorption der Schwefeloxide notwendig sind. Auch hierdurch wird einer frühzeitigen Alterung des Speichers entgegengewirkt, so daß eine besonders gute Langzeitstabilität des Absorbers erreicht wird.

Die mit zur Erfindung gehörende Brennkraftmaschine mit einer Abgasreinigung enthält vorteilhaft die oben beschriebenen Merkmale.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels und Zeichnungen näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Dieseldieselmotorkraftmaschine mit Abgasreinigung und Abgasrückführung; und

Fig. 2 ein Blockschaltbild zur Regeneration eines NOx-Speicherkatalysators.

In der Fig. 1 dargestellte Brennkraftmaschine 1 (1,9 l, 4 Zyl., Dieseldirekteinspritzer, 66 kW) hat einen Lufterlaßkanal 2 und eine Abgasanlage 3. Von der Abgasanlage 3 führt eine Abgasrückführungsleitung 4 zu dem Lufterlaßkanal 2, mittels der insgesamt eine Reduzierung der NOx-Rohemissionen erfolgt.

In der Abgasanlage 3 ist motornah ein Konverter 5 angeordnet, der ein Volumen von 15% des Hubraums der Dieseldieselmotorkraftmaschine 1 hat. Der Abstand zwischen dem Abgasauslaß 6 und dem Konverter 5 beträgt ca. 20 cm. Außerdem ist in der Abgasanlage 3 ca. 70 cm nach dem Konverter 5 ein üblicher NOx-Speicherkatalysator 7 angeordnet, nach dem die Abgase ins Freie gelangen.

Der Konverter 5 hat einen Metallfolienträgerkörper, auf dem ein  $\gamma$ -Aluminiumoxid-washcoat mit einer Platinbeladung von 70 g/ft<sup>3</sup> aufgetragen ist. Der NOx-Speicherkatalysator ist aus einem wabenförmigen Keramikträger aufgebaut, auf dem ein  $\gamma$ -Aluminiumoxid-washcoat mit Barium, Lanthan und Natrium aufgebracht ist. Außerdem hat der Speicherkatalysator-washcoat eine Platinbeladung von 46 g/ft<sup>3</sup>.

In dem Lufterlaßkanal 2 ist stromauf der Einmündung der Abgasrückführungsleitung 4 eine Drosselklappe 8 angeordnet, die mittels eines Stellmotors 9 zu öffnen und verschließbar ist.

In der Abgasrückführungsleitung 4 sitzt ein Stellventil 10, über das die von der Abgasanlage 3 zu dem Lufterlaß 11 der Brennkraftmaschine 1 zurückgeführte Abgasmenge kontrollierbar ist.

Ferner ist vor dem NOx-Speicher 7 in die Abgasanlage 3 eine Breitbandlambdasonde 12 eingeführt, über die ermittelbar ist, ob das Abgas in der Abgasanlage 3 sauerstoffhaltig, ausgeglichen oder fett ist. Die Signale der Breitbandlambdasonde 12 werden einer Steuerung 13 zugeführt, die wiederum den Stellmotor 9 der Lufterlaßdrossel 8 und das Stellventil 10 in der Abgasrückführung 4 ansteuert. Ferner erhält die Steuerung 13 weitere motorrelevante Werte, wie die Drehzahl n und einen Lastwert, beispielsweise von einem Fahrpedal 14.

Im Normalbetrieb der Brennkraftmaschine 1 ist die Drosselklappe 8 voll geöffnet und (bei einer Abgastemperatur ca.  $\geq 150^\circ\text{C}$ ) der NOx-Speicher 7 speichert im



wesentlichen  $\text{NO}_2$  ein, das in den Abgasen der Brennkraftmaschine 1 vorliegt bzw. in dem Konverter 5 durch Oxidation von  $\text{NO}$  aus dem Abgas erhalten wurde. Während des Betriebs der Brennkraftmaschine unter den ersten Betriebsbedingungen (lean) werden von der Steuerung 13 über ein Kennfeld und die eingehenden Motordaten die Stickoxidwerte des Abgasstroms und damit eine Stickoxidbeladung des  $\text{NOx}$ -Speichers 7 ermittelt. Bei Eintreten einer der Bedingungen Schub, Leerlauf oder unterer Teillastbereich und Erreichen einer ca. 20-%igen (bei Schub oder Leerlauf) und ca. 50-%igen (beim unteren Teillastbereich) Beladung des  $\text{NOx}$ -Speichers 7 mit  $\text{NO}_2$  erfolgt über die Steuerung 13 eine Regeneration des  $\text{NOx}$ -Speichers 7. Hierzu wird die Drosselklappe 8 teilweise geschlossen, so daß die Frischluftzufuhr zu dem Lufterlaß 11 stark verringert ist. Gleichzeitig wird das Stellventil 10 geöffnet, so daß eine hohe Abgasrückführungsrate erreicht wird. Hierdurch wird erreicht, daß die Brennkraftmaschine mit einem Luftunterschuß (fett) fährt, wofür ggf. auch die Kraftstoffeinspritzmenge in den Brennraum der Brennkraftmaschine 1 erhöht werden kann.

Die in der Regenerationsphase (zweiten Betriebsbedingungen) ggf. noch im Abgasstrom vorliegenden Sauerstoffreste werden an dem Konverter 5 mit den in dem Abgasstrom vorliegenden HC- und CO-Emissionen umgesetzt, so daß am Eingang des  $\text{NOx}$ -Speichers 7 (kontrolliert über die Breitbandlambdasonde 12) ein sauerstoffreiches Abgas zur Verfügung steht. Insbesondere mit den in dem Abgasstrom noch vorliegenden CO-Emissionen, aber auch mittels der HC-Reste, werden die im  $\text{NOx}$ -Speicher 7 eingelagerten Stickoxide auf dem Edelmetall des  $\text{NOx}$ -Speichers umgesetzt. Nach wenigen Sekunden ist der  $\text{NOx}$ -Speicher 7 regeneriert, so daß die Steuerung 13 die Drosselklappe 8 und das Stellventil 10 wieder in die Position für die ersten Betriebsbedingungen zurückstellt.

Durch die Erhöhung der EGR wird erreicht, daß keine Überhitzung der Abgase der Brennkraftmaschine stattfindet, wodurch zum einen der Konverter 5 und der  $\text{NOx}$ -Speicher 7 geschont werden und zum anderen eine verringerte Kraftstoffmenge für die Regeneration des  $\text{NOx}$ -Speichers 7 notwendig ist.

Der oben beschriebene Regenerationsablauf ist in der Fig. 2 näher ausgeführt. Die Entscheidung, wann eine Regeneration einzuleiten ist, richtet sich im wesentlichen nach den Parametern

- $\text{NOx}$ -Beladung des Speichers,
- Betriebszustand des Motors,
- Temperatur des  $\text{NOx}$ -Speichers.

Nach einer Speicherregeneration wird zunächst ein Beladungszähler 21 auf Null (30) gesetzt. Die  $\text{NOx}$ -Wiederbeladung des entleerten  $\text{NOx}$ -Speichers 7 kann durch das Differenzsignal je eines  $\text{NOx}$ -Sensors vor und hinter dem  $\text{NOx}$ -Speicher direkt erfaßt werden oder indirekt, dafür weniger aufwendig, näherungsweise durch Auswertung der Motorbetriebsdaten. Gemäß der EP 0 560 991 kann der Beladungszustand auch aus den kumulierten Motorumdrehungen seit der letzten Regeneration abgeleitet werden, vorteilhaft ist jedoch die Erfassung der kumulierten Motorleistung, die ihrerseits aus der Gaspedalstellung und der Motordrehzahl  $n$  ermittelt werden kann. Etwas weniger genau ist auch die Aufsummierung der seit der letzten Regeneration vom Motor verbrauchten Kraftstoffmenge möglich. Da die  $\text{NOx}$ -Einlagerungsrate des  $\text{NOx}$ -Speichers im wesentli-

chen auch durch die Speichertemperatur, die über einen Temperaturfühler im Abgasstrom oder im Speicher oder auch durch ein Kennfeld ermittelt werden kann, und die Raumeschwindigkeit, die sich näherungsweise aus der Drehzahl und der eingespritzten Kraftstoffmenge errechnen läßt, bestimmt wird, sind diese Werte bei der Berechnung der  $\text{NOx}$ -Speicherbeladung mitzuberücksichtigen. Eine Abweichung von bis zu  $\pm 30\%$  von der tatsächlichen Gesamtbeladung ist hierbei tolerierbar, da die Einlagerungsfähigkeit des  $\text{NOx}$ -Speichers mit zunehmender Gesamtbeladung zunächst nur wenig abnimmt und eine Regeneration eines nur ca.  $3/4$ -vollen Speichers keine wesentlichen Nachteile mit sich bringt.

Durch Abfrage 22 des Beladungszustandes BZ des  $\text{NOx}$ -Speichers wird bei einem geringen Beladungszustand weiterhin im ersten Betriebszustand "Regeneration = aus" 23 verfahren. Erst wenn ein vorgegebener maximaler Beladungszustand überschritten ist, wird die Motorlast 24 abgefragt. Wenn hierbei eine Nullstellung des Fahrpedals 14 erkannt wird, wird als nächstes die Drehzahl 25 abgefragt. Sofern eine Motorlast vorliegt, wird die Schleife über "Regeneration = aus" 23 und die Abfrage des Beladungszustandes 22 erneut gefahren, wobei mit zunehmender Beladung des  $\text{NOx}$ -Speichers 7 auch eine zunehmende Motorlast als "niedrig" eingestuft wird, so daß ein voller Speicher 7 auch bei einer höheren Motorlast regeneriert wird. Diese Abfrage wird durchgeführt, da mit der Regeneration, beispielsweise durch eine Androsselung der Luftzufuhr, der Erhöhung der EGR-Rate und/oder eine höhere Einspritzmenge, ein Leistungseinbruch der Brennkraftmaschine 1 einhergeht. Deswegen soll die Regeneration möglichst bereits bei bis zu mittleren Teillasten durchgeführt werden.

Mit der Drehzahlabfrage 25 soll ein Absterben des Motors bei einer Drehzahl kleiner der Leerlaufdrehzahl verhindert werden. Sofern auch die Drehzahl  $n$  des Motors 1 genügend hoch ist, wird zur Temperaturabfrage 26 weitergeschaltet. Da die Speicherregeneration auf eine Temperatur angewiesen ist, bei der CO mit  $\text{NO}_2$  an dem Edelmetall des Speichers reagiert, soll die Speichertemperatur oberhalb dieser Reaktionsschwelle von ca.  $180^\circ\text{C}$  liegen. Je nach Speichermaterial kann die Mindesttemperatur auch einen anderen Wert haben.

Sind alle genannten Kriterien erfüllt, wird die Regeneration durch Drosseln 8 und/oder durch Öffnen des EGR-Ventils 10 und/oder durch Anheben der Einspritzmenge eingeleitet 27. Gleichzeitig erfolgt über die Lambdasonde 12 eine Abfrage 28, ob das Abgas fett ist, wofür noch eine gewisse Zeit vergeht. Solange die Abfrage 28 ein Lambda oberhalb "fett" ergibt, erfolgt eine weitere Aufsummierung der  $\text{NOx}$ -Werte des Abgas bei 21 mit einer entsprechenden Abfragefolge. Wird das Abgas an der Lambdasonde 12 als "fett" erkannt, kann von einer Regeneration des Speichers 7 ausgegangen werden. Die Regeneration kann bei Unterschreiten einer als "sicher fett" geltenden Lambdaschwelle nach Verstreichen einer Regenerationszeit 29 beendet werden, vor Ablauf der Fettzeit wird der Abfragezyklus bei der Motorlast 24 beginnend wiederholt. Nach Ablauf der Fettzeit wird der Beladungszähler 21 wieder auf Null 30 gesetzt.

Ein sicheres Erkennen eines fetten Abgases liegt bei Lambda ca.  $\leq 0,9$ , möglich sind Werte  $< 1,05$  bis hin zu 0,6. Für die Errechnung der Regenerationszeit ist die Beladung des Speichers und das Reduktionsmittelangebot entscheidend. Bei der Speicherregeneration im Fetten ist CO die Hauptreduktionskomponente, wobei für

die Umsetzung von 1 mol NO<sub>2</sub> 2 mol CO erforderlich sind entsprechend 1,22 g CO pro Gramm eingelagertes NO<sub>2</sub>.

Abhängig vom CO-Angebot des auf ein kleines Lambda gedrosselten Motors läßt sich somit die erforderliche Mindestregenerationszeit (Fettzeit max.) errechnen. Mit steigender Androsselung nimmt auch das CO-Angebot des Motors zu und die Mindestregenerationszeit ab. Die Mindestregenerationszeit kann zur Gewährleistung einer vollständigen Speicherelemententleerung noch um vorzugsweise bis zu 50%, vorteilhaft um 20% bis 40% und insbesondere ca. 30% nach oben korrigiert werden. Je nach verwendeter Brennkraftmaschine und dem im Abgas vorliegenden Reduktionsmittelprofil (HC, CO, H<sub>2</sub>), der Speichertemperatur, der Raumgeschwindigkeit, dem Speichermedium, dem Washcoat, den Anströmverhältnissen und dem Katalysatorvolumen kann ein Zeit-Korrekturfaktor - 50% bis + 300% betragen. Der Zeitkorrekturfaktor ist entsprechend experimentell zu ermitteln.

Vorzugsweise kann bei den Abfragen eine Hysterese aufgesetzt sein, um ein häufiges Hin- und Herschalten zwischen den Zuständen "Regeneration an" und "Regeneration aus" zu vermeiden. Die Hysterese kann vorteilhaft bei der Motorlast, der Drehzahl und der Speichertemperatur vorliegen. Das Maß der Überschneidung richtet sich hier wiederum nach den vorliegenden Fahrzeugkonfigurationen und kann vorteilhaft beispielsweise  $\pm 5\%$  vom Sollwert betragen, wobei bis zu  $\pm 30\%$  möglich sind.

#### Patentansprüche

1. Abgasreinigungsverfahren bei einer Brennkraftmaschine, bei dem die Abgase der Brennkraftmaschine einem NO<sub>x</sub>-Speicher zugeführt werden, der geeignet ist, unter ersten Betriebsbedingungen NO<sub>x</sub> aus dem zugeführten Abgas zu speichern und aus dem unter zweiten Betriebsbedingungen das gespeicherte NO<sub>x</sub> zur Reduktion desselben wieder freigesetzt wird, wobei unter den zweiten Betriebsbedingungen der NO<sub>x</sub>-Speicher nicht oder zu höchstens 50% von dem Abgasstrom abgesperrt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zweiten Betriebsbedingungen gezielt bei einer niedrigen Belastung und/oder in Schubphasen und/oder in Leerlaufphasen der Brennkraftmaschine eingestellt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Betriebsbedingungen zeitgesteuert ablaufen.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Betriebsbedingungen NO<sub>x</sub>-speicherbeladungsgesteuert ablaufen.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Betriebsbedingungen andauern, bis die Schubphase, die Leerlaufphase oder die Phase niedriger Belastung der Brennkraftmaschine beendet ist oder, sofern dies eher eintritt, bis der NO<sub>x</sub>-Speicher regeneriert ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Betriebsbedingungen nur bei einer Mindestbelastung des NO<sub>x</sub>-Speichers eingestellt werden.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Betriebsbedingungen auch eingestellt werden,

wenn keine niedrige Belastung oder keine Schubphase oder kein Leerlauf der Brennkraftmaschine vorliegt, der NO<sub>x</sub>-Speicher jedoch einen bestimmten Füllgrad erreicht hat.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die niedrige Belastung der Brennkraftmaschine bei einer Leistungsabgabe der Brennkraftmaschine unterhalb 20%, insbesondere unterhalb 10% der Nennleistung der Brennkraftmaschine vorliegt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß über eine Abgasrückführung ein Teilstrom der Abgase dem Luftansaugtrakt der Brennkraftmaschine zugeführt wird unter Bildung eines Abgasteilstrom/Ansaugluft-Verhältnisses unter den ersten Betriebsbedingungen, und daß das Abgasteilstrom/Ansaugluft-Verhältnis unter den zweiten Betriebsbedingungen vergrößert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergrößerung des Abgasteilstrom/Ansaugluft-Verhältnisses nur in einem unteren Teillastbereich der Brennkraftmaschine erfolgt.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß unter den zweiten Betriebsbedingungen die Verbrennungsluftzufuhr zu der Brennkraftmaschine vermindert wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß über eine Abgasrückführung ein Teilstrom der Abgase dem Luftansaugtrakt der Brennkraftmaschine zugeführt wird unter Bildung eines Abgasteilstrom/Ansaugluft-Verhältnisses unter den ersten Betriebsbedingungen, und daß mit der Verminderung der Verbrennungsluftzufuhr unter den zweiten Betriebsbedingungen auch die rückgeführte Abgasmenge vermindert wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkraftmaschine eine Kraftstoffdirekteinspritzung besitzt.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkraftmaschine eine Dieselmotormaschine ist.
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Abgas, bevor es dem NO<sub>x</sub>-Speicher unter den ersten Betriebsbedingungen zugeführt wird, durch einen Konverter geleitet wird, in dem ein in den Abgasen vorliegendes NO<sub>2</sub>/NO-Verhältnis vergrößert wird und/oder in dem bei einer Temperatur  $\geq 230^\circ\text{C}$  mindestens 50% des im Abgas enthaltenen und mit dem Abgas in den Konverter geführten NO zu NO<sub>2</sub> umgesetzt wird.
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reduktion des gespeicherten NO<sub>x</sub> bei einem  $\lambda \leq 1,05$  erfolgt.
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der NO<sub>x</sub>-Speicher ein Aluminiumoxid, insbesondere  $\gamma$ -Aluminiumoxid enthält.
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der NO<sub>x</sub>-Speicher ein Element aus der Gruppe der Alkalimetalle, Erdalkalimetalle seltenen Erden, Lanthan, Titan, Kupfer und/oder Mangan enthält.
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden An-

sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der NOx-Speicher NOx und SOx aus dem Abgas bei Sauerstoffüberschuß absorbiert.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der NOx-Speicher NOx und/oder SOx in einer reduzierten Atmosphäre und/oder bei niedriger Sauerstoffkonzentration freisetzt.

20. Verfahren nach Anspruch 18 und/oder 19, dadurch gekennzeichnet, daß eine Sauerstoffkonzentrations-Bestimmungseinrichtung, die die Sauerstoffkonzentration bzw. eine die Sauerstoffkonzentration enthaltende Größe ermittelt, vorgesehen ist, die die Sauerstoffkonzentration bzw. die diese enthaltende Größe als eine Eingangsgröße an die Steuerung gibt, die die ersten oder zweiten Betriebsbedingungen einstellt.

21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der NOx-Speicher NOx und/oder SOx bei erhöhter Temperatur freisetzt.

22. Verfahren nach Anspruch 21, gekennzeichnet, durch eine Temperatur-Bestimmungseinrichtung, die die Temperatur bzw. eine die Temperatur enthaltende Größe des Gasstroms und/oder des NOx-Speichers ermittelt und die die Temperatur bzw. die diese enthaltende Größe als Eingangsgröße an die Steuerung gibt, die die ersten oder zweiten Betriebsbedingungen einstellt.

23. Verfahren nach Anspruch 20 und 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung die Sauerstoffkonzentration und die Temperatur bzw. die diese enthaltenden Größen als Eingangsgrößen hat.

24. Brennkraftmaschine mit einer Abgasanlage, die einen NOx-Speicher enthält, der geeignet ist unter ersten Betriebsbedingungen NOx aus einem zugeführten Abgas der Brennkraftmaschine zu speichern und aus dem unter zweiten Betriebsbedingungen das gespeicherte NOx zur Reduktion desselben wieder freisetzbar ist, wobei keine oder eine höchstens 50-%ige Absperrung des NOx-Speichers vom Abgasstrom unter den zweiten Betriebsbedingungen vorgesehen ist, gekennzeichnet durch eine Steuerung, die die zweiten Betriebsbedingungen gezielt bei einer niedrigen Belastung und/oder in Schubphasen und/oder in Leerlaufphasen der Brennkraftmaschine einstellt.

25. Brennkraftmaschine nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß vor dem Lufteinlaß der Brennkraftmaschine, insbesondere stromaufwärts der Einmündung der Abgasrückführung, eine Drossel angeordnet ist, mittels der eine zu dem Lufteinlaß der Brennkraftmaschine strömende Luftmenge veränderbar ist.

26. Brennkraftmaschine nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem NOx-Speicher und einem Abgasauslaß der Brennkraftmaschine ein Konverter angeordnet ist, der ein Gesamtvolumen im Bereich von 10 bis 25% des Hubraums der Brennkraftmaschine hat, und daß der Konverter mit mindestens 60 g/ft<sup>3</sup> Platin belegt ist.

27. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkraftmaschine ein Direkteinspritzer ist.

28. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennkraftmaschine eine Dieselmotorkraftmaschine ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



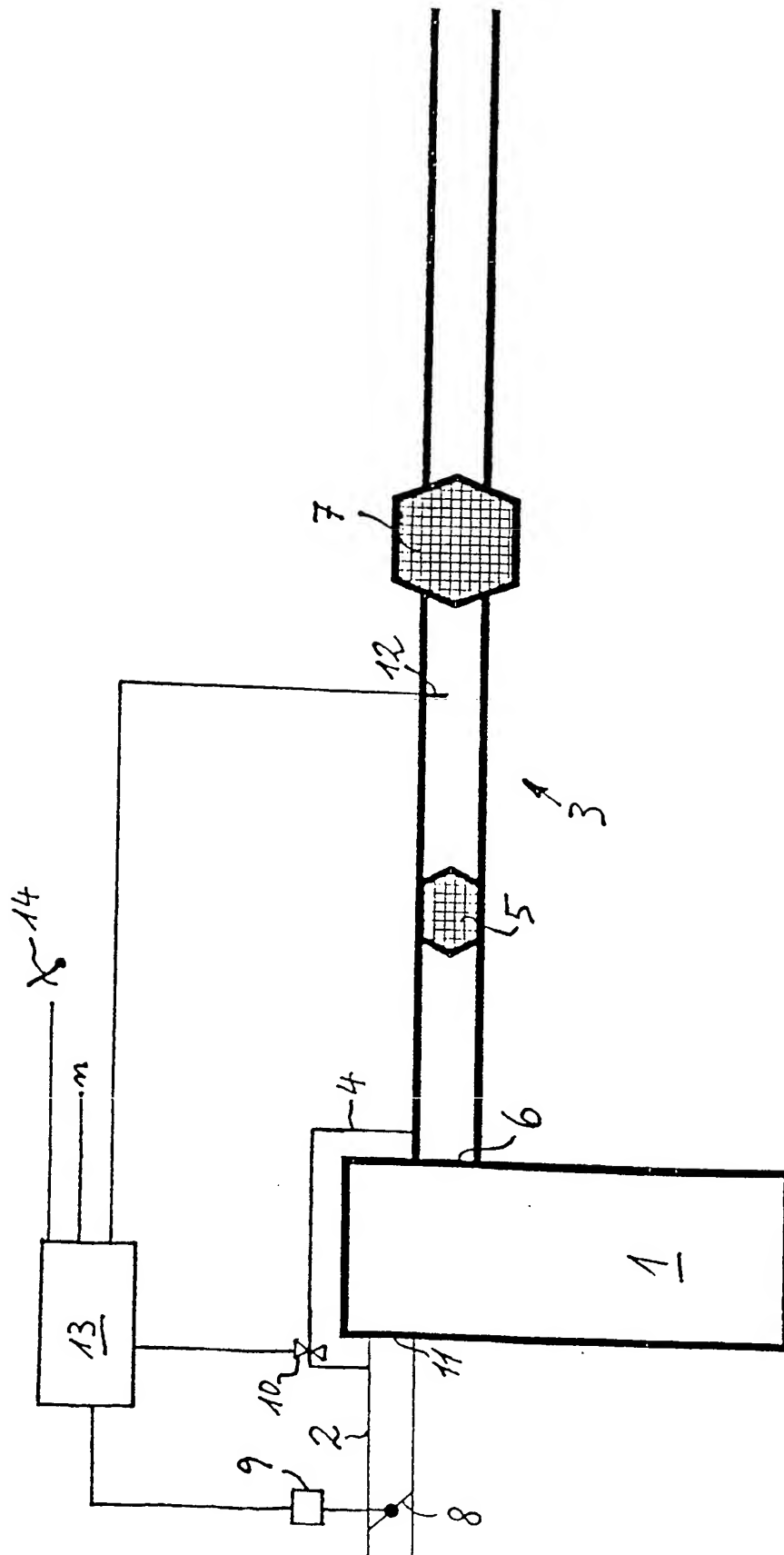
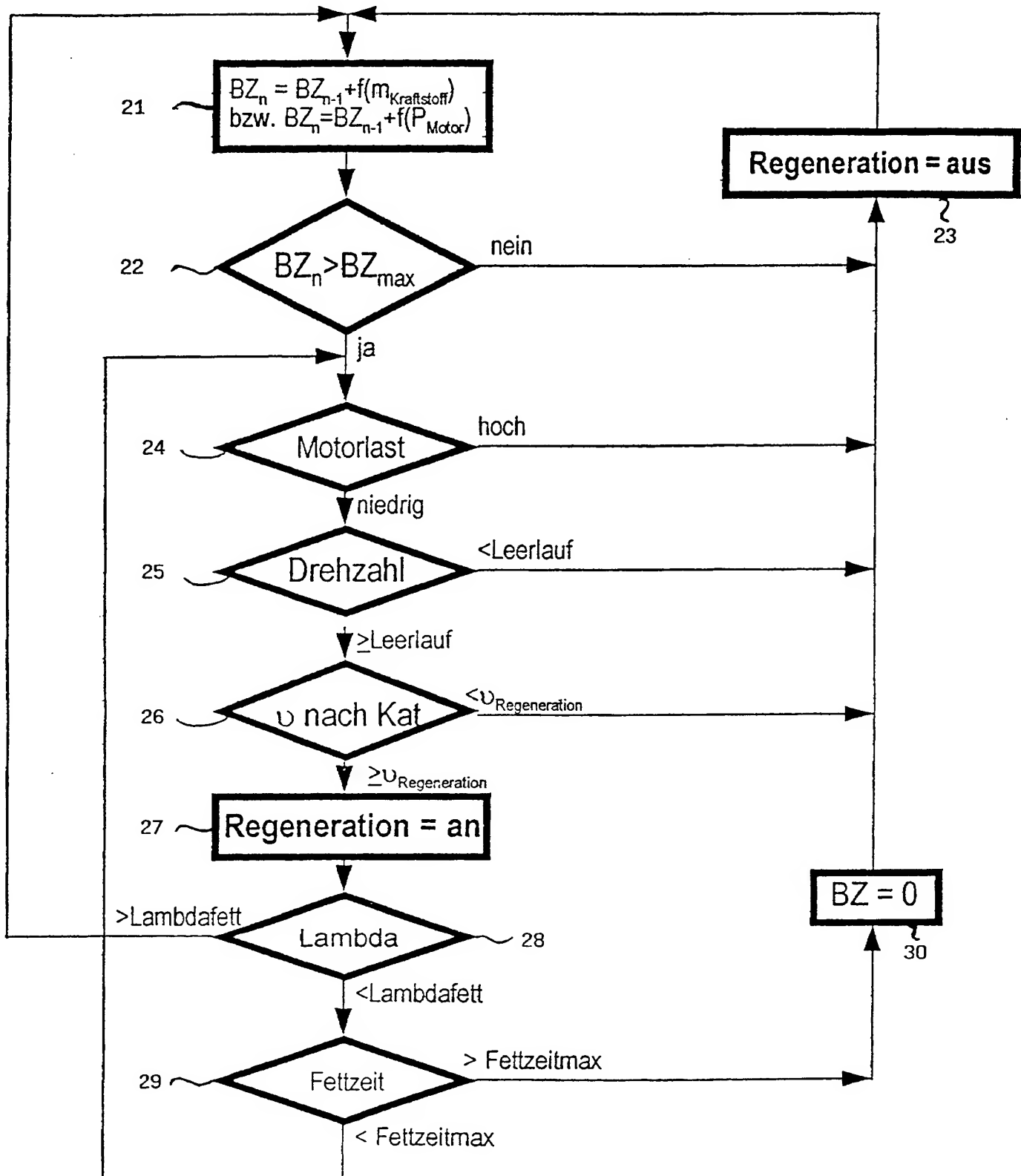


Fig. 1



BZ = Beladungszähler

Fig. 2

702 071/480